

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-31803

⑤ Int. Cl.³

G 02 B 5/18
5/30

識別記号

庁内整理番号

7448-2H
7448-2H

④ 公開 平成3年(1991)2月12日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 複屈折回折格子型偏光子

⑰ 特 願 平1-167551

⑱ 出 願 平1(1989)6月28日

⑲ 発 明 者 賣 野 豊 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

1. 発明の名称

複屈折回折格子型偏光子

2. 特許請求の範囲

光学的異方性を持つ結晶板の主面に、周期的に並んだ複数の溝を有し、かつこの溝が誘電体で埋められている複屈折回折格子、または光学的異方性を持つ結晶板の主面に、周期的に並んだストライプ状のイオン交換領域の光学的回折格子を具備し、かつ回折格子を透過させる常光線成分に対して、前記イオン交換を施した領域とイオン交換を施さない領域との間の位相変化を相殺する手段を設けた複屈折回折格子を、光の進行方向に複数縦続配置して成り、それぞれの複屈折回折格子の横方向の屈折率分布が方形波状になっており、かつ互いの複屈折回折格子の周期が他方の複屈折回折格子の周期の偶数倍になっていることを特徴とする複屈折回折格子型偏光子。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、半導体レーザを利用した各種光装置に使用する複屈折偏光板、特に偏光方向によって回折効率の異なる複屈折回折格子型偏光板に関する。

〔従来の技術〕

偏光子素子特に偏光ビームスプリッタは、直交する偏光間で光の伝搬方向を異ならしめることによって特定の偏光を得る素子である。このような素子は、光ファイバ通信用光源モジュールや光ディスク用光ヘッドなどに、光アイソレータや光サーキュレータを構成する部品として使われている。

従来、偏光ビームスプリッタとしては、グラントムソンプリズムやロッシュンプリズムなど、複屈折の大きな結晶の光反射面における偏光による透過ないしは全反射の違いを利用して光路を分離するもの、またはガラスなどの等方性光学媒質でできた全反射プリズム反射面に誘電体多層膜を設

け、この誘電体多層膜の偏光による屈折率の違いを利用して、光を全反射ないしは透過させるものが多く使用されている。しかしながら、これらの素子は大型であること、生産性が低いこと、値段が高いことなどの欠点がある。

一方、近年小型で生産性が高いことを特徴とする偏光素子として、特願昭62-130144号に記載されている複屈折回折格子型偏光板が知られている。第5図から第7図は前記明細書に記載されている複屈折回折格子型偏光板の断面図である。複屈折回折格子型偏光板は、ニオブ酸リチウム基板1の主面に周期的なイオン交換領域7の光学的回折格子を設け、かつイオン交換を施した領域と施していない領域の間で常光線が受ける位相変化を相殺する手段を設けたものであり、偏光による回折効率の違いを利用して光路を分離するものである。前記の常光線が受ける位相変化を相殺する手段としては、第5図の断面図に示すようにイオン交換を施した領域7上に誘電体膜8を形成したもの、第6図の断面図に示すようにイオン交

換を施した領域7上では厚くイオン交換を施していない領域上では薄く誘電体膜8を形成したもの、または第7図の断面図に示すようにイオン交換を施していない領域の表面を所望の深さだけ削ったもの等がある。例えば、ニオブ酸リチウムの主面に周期的にプロトンイオン交換を施すと、プロトンイオン交換を施した領域では波長 $1.3\mu\text{m}$ の異常光線に対する屈折率が約0.1増加し、常光線に対する屈折率が約0.04減少する。従って、プロトンイオン交換を施した領域の誘電体膜厚を、プロトンイオン交換を施していない領域の誘電体膜厚に比べて厚くし、プロトンイオン交換を施した領域の常光線に対する屈折率の減少を相殺することによって、常光線の1次以上の回折効率及び異常光線の0次の回折効率を共に零にすることができ、偏光子になる。

しかしながら、以上述べた構造においては、回折格子の深さやプロトン交換領域の幅が理想的な値からずれると異常光線に対する0次の回折効率が増加し、常光線の回折効率が減少する。このこ

とは、回折格子を偏光子として使う場合には消光比が減少し、損失が増加することを意味する。また、使用波長が設計波長から6%程度ずれると、得られる最大消光比は20dB程度まで劣化してしまふ。そこでこれらの製作上の寸法のずれや波長のずれにたいする許容範囲を大きくするために、複屈折回折格子型偏光子を互いに格子ベクトルが直交するように基板の両面に形成するか、または光の進行方向に縦続接続した構成が提案されている。格子ベクトルを互いに直交させる理由は、格子ベクトルを平行にすると例えば1段目の回折格子で+1次に回折された回折光が2段目の回折格子で-1次に回折されて全体としては0次の回折光(直進光)となることを防止するためである。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、以上述べた構造においては、偏光子を三段以上縦続接続することはできないので、コヒーレント光通信光源モジュールのアイソレータなどのような高い消光比を必要とする所には、消光比不足のために使えない。また、格子ベ

クトルを直交させると回折光は四方八方に回折されるので、迷光の影響を受け易くなるという欠点がある。

本発明の目的は、このような従来の問題点を除去し、三段以上の回折格子を縦続接続することができ、かつ回折光が一方向だけに回折される複屈折回折格子型偏光子を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、光学的異方性を持つ結晶板の主面に、周期的に並んだ複数の溝を有し、かつこの溝が誘電体で埋められている複屈折回折格子、または光学的異方性を持つ結晶板の主面に、周期的に並んだストライプ状のイオン交換領域の光学的回折格子を具備し、かつ回折格子を透過させる常光線成分に対して、前記イオン交換を施した領域とイオン交換を施さない領域との間の位相変化を相殺する手段を設けた複屈折回折格子を、光の進行方向に複数縦続配置して成り、それぞれの複屈折回折格子の横方向の屈折率分布が方形波状になっており、かつ互いの複屈折回折格子の周期が他方の複

屈折回折格子の周期の偶数倍になっていることを特徴とする複屈折回折格子型偏光子である。

〔作用〕

前記のように、複屈折回折格子型偏光板は、ニオブ酸リチウムなどの光学的異方性を持つ結晶基板に周期的なイオン交換を行うか、周期的に並んだ複数の溝を形成するか、または光学的等方性基板に周期的に並んだ複数の溝を形成し、その溝に異方性物質を充填することによって製作する。従って、イオン交換のイオン源や溝形成のエッチング条件などを適当に選べば、屈折率分布が方形波状の回折格子を作成することができる。方形波状の回折格子では0次以外の偶数次の回折光は発生しないので、互いに回折格子のピッチが偶数倍になっている複数の方形波状回折格子を縦続接続した場合、たとえ各回折格子の格子ベクトルが平行であっても、1次以上の回折光同士の回折角が相殺されて全体として0次回折光（直進光）となることはない。このため縦続接続した回折格子全体としての0次回折光強度すなわち消光比は、各

回折格子の0次の回折効率の積になり、縦続接続の段数を多くすれば十分に小さくすることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。第1図は本発明の複屈折回折格子型偏光子の一実施例の斜視図である。1は光学的異方性を持つ結晶基板であり、本実施例ではニオブ酸リチウムのY板を用いている。これらの角結晶基板の表面には、第2図から第7図の断面図に示す様な横方向の屈折率分布が方形波状の回折格子5が形成されており、この回折格子が光の進行方向に縦続接続されている。各回折格子の周期は互いに偶数倍になっている。入射光2は基板1に垂直な方向から回折格子に入射し、偏光方向によって直進光3または回折光4となって出射される。

第2図から第4図はニオブ酸リチウム結晶基板1に周期的な溝9が形成され、さらにこの溝9が誘電体6で埋められた複屈折回折格子の実施例の断面図である。

第2図から第4図に示された各回折格子の0次の回折光効率（すなわち直進光強度）は、 $\cos^2 \left\{ \pi \left[(n - n_s) t + (n - 1)(d - t) \right] / \lambda \right\}$ で与えられる。但し、 λ は入射光2の波長、 n_s は溝9を埋めている誘電体6の屈折率、 t は溝9を埋めている誘電体6の厚さ、 d は溝9の深さである。また、 n はニオブ酸リチウム基板1の屈折率で入射光2の偏光方向によって、異常光線の屈折率 n_s または常光線の屈折率 n_o のどちらかをとる。この回折格子を偏光子として動作させるためには、常光線または異常光線のどちらか一方の0次の回折効率を0にし、かつ他方の0次の回折効率を1にすればよい。このような回折状態は、溝9の深さを $d = \lambda / [2(n_s - n_o)]$ 、誘電体6の厚さを $t = (n - 1) / (n_s - 1) d$ とすることによって得られる。但し、 $n = n_o$ の場合は常光線のみを直進させる偏光子として働き、 $n = n_s$ の場合は異常光線だけを直進させる偏光子として働く。また、誘電体6の屈折率 n_s が基板1の屈折率 n よりも大きい場合には第2図に示すように溝9が誘電体

6で途中まで埋められた構成になり、誘電体6の屈折率 n_s が基板1の屈折率 n と等しい場合には、第3図のように誘電体6が溝9を完全に埋めた構成になり、逆に誘電体6の屈折率 n_s が基板1の屈折率 n よりも小さい場合には第4図に示すように溝9が誘電体6で完全に埋められさらに誘電体6の表面が基板1の表面よりも高くなった構成になる。

例えば光の波長を $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ とすると、ニオブ酸リチウムの異常光線及び常光線に対する屈折率はそれぞれ $n_s = 2.15$ 及び $n_o = 2.23$ である。従って、溝9の深さ d は約 $8.1 \mu\text{m}$ となる。誘電体として屈折率が $n_s = 2.3$ の酸化ニオブ(Nb_2O_5)を用いるとすれば、偏光子の構成は第2図のようになり、誘電体6の厚さ t が約 $7.2 \mu\text{m}$ のとき異常光線だけを直進させる偏光子として働き、誘電体6の厚さ t が約 $7.7 \mu\text{m}$ のとき常光線だけを直進させる偏光子として働く。また、誘電体6として屈折率が $n_s = 2.0$ の酸化亜鉛(ZnO)を用いるとすれば、偏光子の構成は第4

図のようになり、誘電体6の厚さ t が約 $9.3\mu\text{m}$ のとき異常光線だけを直進させる偏光子として働き、誘電体6の厚さ t が約 $10.0\mu\text{m}$ のとき常光線だけを直進させる偏光子として働く。また酸化ニオブ(Nb_2O_5)は反応性スパッタリング法によって堆積させる場合、酸素の分圧等を調整することによって、屈折率を2.1から2.3程度まで変化させられることが知られている。そこで誘電体6として酸化ニオブを用い、その屈折率を基板1の常光線の屈折率($n_o=2.23$)または異常光線の屈折率($n_e=2.15$)に等しくなるようにし、第3図のような構成にすることによっても、常光線または異常光線だけを直進させる偏光子として働く。

また、第5図から第7図は周期を有するイオン交換領域7の光学的回折格子を形成し、かつ回折格子を透過させる常光線成分が、前記イオン交換を施した領域とイオン交換を施さない領域との間の位相変化を相殺する手段を設けた複屈折回折格子である。これらの複屈折回折格子に関しては、

が平行でなくてもよい。

本偏光子は薄いニオブ酸リチウム結晶板にパッチプロセスによって大量に形成できるため、安価な偏光子を得ることができる。

〔発明の効果〕

以上述べたように、本発明によれば高消光比低挿入損失の偏光素子を得ることができ、さらにはパッチ処理により大量安価な偏光素子とすることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の複屈折回折格子型偏光子の一実施例を示す斜視図であり、第2図から第7図はその偏光子を構成する回折格子の断面図であり、また、第5図から第7図は従来の複屈折回折格子型偏光子の断面図でもある。第8図と第9図は本発明の他の実施例を示す斜視図である。

1……ニオブ酸リチウム結晶基板、2……入射光、3……直進光、4……回折光、5……回折格子、6……誘電体、7……プロトンイオン交換領

域、8……誘電体膜、9……溝。

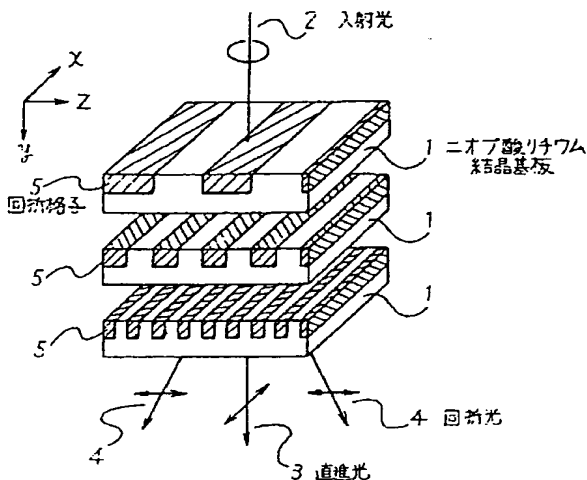
しかしながら、実際には溝9の深さや幅またはイオン交換領域7の深さや幅などが理想の場合からずれるため、消光比はある有限値に制限される。この消光比の制限を補うために、互いに格子の周期が偶数倍の回折格子を光の進行方向に縦続接続して消光比を増加させるのが本発明の特徴である。方形波状の回折格子では0次以外の偶数次の回折光は発生しないので、互いに回折格子のピッチが偶数倍になっている複数の方形波状回折格子を縦続接続した場合、たとえ各回折格子の格子ベクトルが平行であっても、1次以上の回折光同士の回折角が相殺されて全体として0次回折光強度すなわち消光比は、各回折格子の0次の回折効率の積になり、縦続接続の段数を多くすれば十分に小さくすることができる。

なお、回折格子を縦続接続する場合、第8図のように基板の表裏両面に回折格子を形成しても良いし、第9図のように各回折格子の格子ベクトル

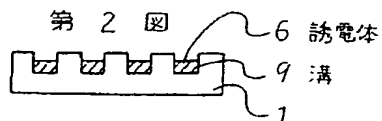
域、8……誘電体膜、9……溝。

代理人 弁理士 内 原 晋

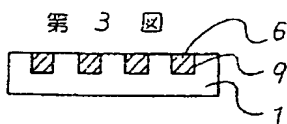
第 1 図



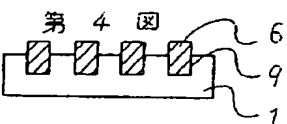
第 2 図



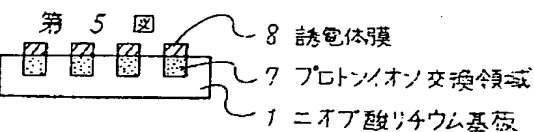
第 3 図



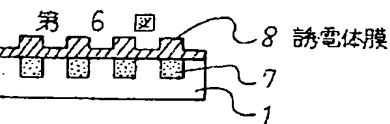
第 4 図



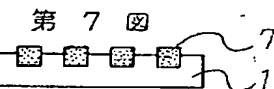
第 5 図



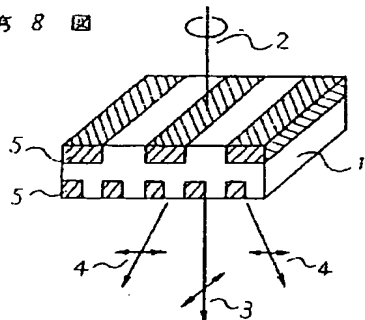
第 6 図



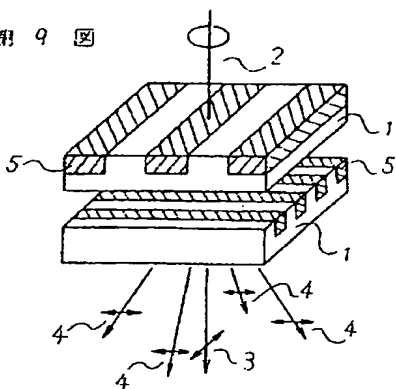
第 7 図



第 8 図



第 9 図



手続補正書 (自発)

2. 7. 18

平成 年 月 日

特許庁長官 殿

適

1. 事件の表示 平成 1年 特許願 第 167551号

2. 発明の名称

複屈折回折格子型偏光子

3. 補正をする者

事件との関係

出 願 人

東京都港区芝五丁目7番1号

(423) 日本電気株式会社

代表者 関 本 忠 弘

4. 代 理 人

〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号

日本電気株式会社内

(6591) 弁理士 内 原 啓

電話 東京 (03) 454-1111 (大代表)

(連絡先) 日本電気株式会社 特許部



5.補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄

6.補正の内容

- (1)明細書第8頁第9行目に「角結晶」とあるのを
「各結晶」と補正する。
- (2)明細書第9頁第3行目に「 $\{\pi\{n\}$ 」とあるのを
「 $\{\pi\{n\}$ 」と補正する。
- (3)明細書第12頁第14～15行に「0次回折光強度」とあるのを以下のように補正する。「0次回折光(直進光)となることはない。このため縦続接続した回折格子全体としての0次回折光強度」

代理人 弁理士 内原 晋